





A8

**Combined bright field-dark field incident light illumination apparatus**

**Patent number:** DE3714830  
**Publication date:** 1988-11-17  
**Inventor:** STANKEWITZ HANS-WERNER [DE]  
**Applicant:** LEITZ ERNST GMBH [DE]  
**Classification:**  
- international: G02B21/06  
- european: G02B21/08B1  
**Application number:** DE19873714830 19870505  
**Priority number(s):** DE19873714830 19870505

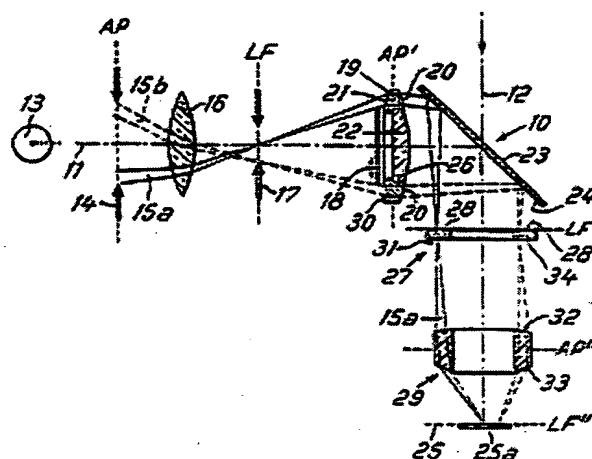
**Also published as:**

 EP0290733 (A1)  
 US4881802 (A1)  
 JP63286813 (A)  
 EP0290733 (B1)

Abstract not available for DE3714830

Abstract of corresponding document: **US4881802**

A combined bright field-dark field incident light apparatus 10 for a microscope instrument is described, in which in the dark field illumination the plane of the field diaphragm LF is projected into the object plane 25 via at least one intermediate image LF'. This comprises providing in the beam path at least three annular optical elements (19, 28, 29), arranged so that illuminating rays incident from a skew direction are also projected into the object plane 25. The form of the annular optical elements 19, 27 allows them to be assigned different optical properties at the same time.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 37 14830 A1

⑤1 Int. Cl. 4:  
G02 B 21/06

②1 Aktenzeichen: P 37 14 830.3  
②2 Anmeldetag: 5. 5. 87  
④3 Offenlegungstag: 17. 11. 88

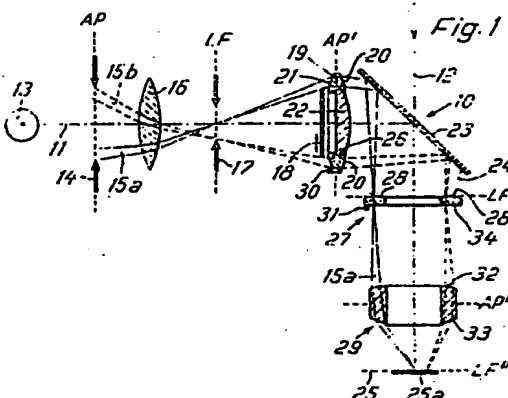
DE 37 14830 A1

⑦1 Anmelder:  
Ernst Leitz Wetzlar GmbH, 6330 Wetzlar, DE

⑦2 Erfinder:  
Stankewitz, Hans-Werner, 6330 Wetzlar, DE

⑥4 Kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld- Auflichtbeleuchtungseinrichtung

Es wird eine kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungseinrichtung 10 für ein mikroskopisches Gerät beschrieben, bei der im Dunkelfeldauflicht die Leuchtfeldblende LF über mindestens ein Zwischenbild LF' in die Objektebene 25 abgebildet wird. Dazu sind im Strahlengang mindestens drei ringförmige optische Elemente (19, 28, 29) vorgesehen und derart ausgebildet, daß auch windschief auftreffende Beleuchtungsstrahlen in die Objektebene 25 abgebildet werden. Durch die Ausgestaltung der ringförmigen optischen Elemente 19, 27 können diesen gleichzeitig verschiedene optische Eigenschaften zugeordnet werden.



DE 37 14830 A1

OS 37 14 830

1

## Patentansprüche

1. Kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungseinrichtung für mikroskopische Geräte mit einer in den Beleuchtungsstrahlengang wahlweise einbringbaren Einrichtung zur Unterdrückung des Hellfeldstrahlenbündels, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abbildung einer gleichmäßig ausgeleuchteten Fläche, vorzugsweise die der Leuchtfeldblende (LF), über mindestens ein Zwischenbild (LF') in die Objektebene (25) im Dunkelfeldstrahlengang (11) mindestens drei ringförmig ausgebildete optische Elemente (19; 19a; 19b; 27; 27a, 29) vorgesehen sind.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
  - a) das erste ringförmige optische Element (19; 19a; 19b) in oder in der Nähe einer zur Aperturebene (AP) konjugierten Ebene (AP'),
  - b) das zweite ringförmige optische Element (27; 27a) in oder in der Nähe der Zwischenabbildung der Leuchtfeldblende (LF') und
  - c) das dritte ringförmige optische Element (29) als Ringspiegel oder Ringlinse ausgebildet und in oder in der Nähe einer zur Aperturebene (AP) konjugierten Ebene (AP'') angeordnet ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der optisch wirksamen Flächen (20, 20a, 21, 28, 28a, 32, 33) der ringförmigen optischen Elemente (19; 19a; 19b; 27; 27a) gekrümmt ausgebildet ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der ringförmigen optischen Elemente (19; 19a, 27) einen Linsenkranz aufweist, der einzelne nebeneinander angeordnete gekrümmte Flächen (20; 28) enthält.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die eine optisch wirksame Fläche als Linsenkranz und die zweite gekrümmt (21) oder plan (34) ausgebildet ist (Fig. 1).
6. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ringförmigen optischen Elemente (19; 19a, 27) eine gleiche Anzahl von Linsenkranzflächen (20; 28) aufweisen.
7. Einrichtung nach den Ansprüchen 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das erste ringförmige optische Element (19; 19a) gegenüber dem zweiten ringförmigen optischen Element (27) ein geradzahliges Vielfaches von Linsenkranzflächen (20; 28) aufweist.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmte(n) Fläche(n) (20, 20a, 21, 28, 28a; 32, 33) sphärisch oder asphärisch oder torisch ausgebildet ist(sind).
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Linsenkranz der ringförmigen optischen Elemente (19; 19a, 27) eine Kombination aus sphärischen und/oder asphärischen und/oder torischen Linsenkranzflächen aufweist.
10. Einrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die sphärisch gekrümmte Fläche derart ausgebildet ist, daß deren geometrischer Scheitelpunkt (35) versetzt zum Flächenmittelpunkt (36) angeordnet ist (Fig. 2b).
11. Einrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche

2

che, dadurch gekennzeichnet, daß das dritte ringförmige optische Element (29) als Ringlinse mit einer torisch konvexen (32) und einer torisch konkaven (33) Fläche ausgebildet ist.

12. Einrichtung nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (19) zusätzlich mindestens eine Linse (22) aufweist.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das erste optische Element (19) in seinem Ringinneren eine Ausnehmung (26) zur Aufnahme der Linse (22) aufweist.

14. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Element (19) und die Linse (22) als einstückiges Bauelement (19a) ausgebildet ist (Fig. 2a).

15. Einrichtung nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens zwei ringförmigen optischen Elementen (19; 19a; 19b; 27; 27a, 29) eine als Nase (30, 31) ausgebildete Zuordnungskennung angeordnet ist.

16. Einrichtung nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Elemente (19; 19a, 27, 29) derart aufeinander ausgerichtet im Beleuchtungsstrahlengang (11) angeordnet sind, daß sie auch windschiefe Beleuchtungsstrahlen (15b) in die Objektebene (25) abbilden.

17. Einrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Linsen der Linsenkranzflächen (20; 28) von mindestens einem optischen Element (19; 19a, 27) eine unterschiedliche optische Dichte aufweisen (Fig. 2a).

18. Einrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Linsen der Linsenkranzflächen (20; 28) von mindestens einem optischen Element (19; 19a, 27) eine unterschiedliche spektrale Durchlässigkeit aufweisen (Fig. 2a).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungseinrichtung für mikroskopische Geräte mit einer in den Beleuchtungsstrahlengang wahlweise einbringbare Einrichtung zur Unterdrückung des Hellfeldstrahlenbündels.

Bei Auflichtbeleuchtungseinrichtungen, die einen wahlweisen Wechsel zwischen einer Hellfeld- und einer Dunkelfeldauflichtbeleuchtung gestatten, wird zumindest ein Teil des Dunkelfeldstrahlenbündels parallel geführt. Bei dieser Abbildung nach Unendlich geht jedoch der äußere und der innere Teil des Strahlenbündels für die Ausleuchtung des Dunkelfeldes verloren. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Objektausleuchtung, wobei zusätzlich eine Kontrastminderung durch das innere Strahlenbündel auftritt. Um die ungleichmäßige Objektausleuchtung weitgehend zu kompensieren, ist in der DE-OS 20 21 784 vorgeschlagen worden, die im Beleuchtungsstrahlengang angeordneten optischen Elemente mit ihrer zur Mitte hin abnehmenden Lichtdurchlässigkeit auszubilden. Dies führt jedoch zu einer unerwünschten Minderung der Gesamthelligkeit, was insbesondere bei großen Objektfeldern von Nachteil ist.

Ferner ist es aus der DE-OS 31 00 662 bekannt, den Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungsstrahlengang über Lichtfasern an das Objektfeld heranzuführen. Zwar

## OS 37 14 830

3

kann dadurch eine ungleichmäßige Objektausleuchtung weitgehend vernachlässigt werden, jedoch auch hier muß durch die Lichtleitfasern eine Minderung der Gesamthelligkeit in Kauf genommen werden.

Darüber hinaus ist bereits in der DE-OS 29 25 407 eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung beschrieben, die einen wahlweisen Wechsel zwischen der Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung gestattet. Der Wechsel wird über eine in den Hellfeldstrahlengang einbringbare rotationssymmetrische Lichttreppe durchgeführt, wobei die Beleuchtungsstrahlen in den Dunkelfeldstrahlengang umgelenkt werden. In diesem Dunkelfeldstrahlengang ist eine kombinierte Spiegel-Linsenanordnung vorgesehen, die das Bild der Leuchtfeldblende um die Betrachtungsoptik herumführt und in die Objektebene abbildet. Durch die Verwendung einer derartigen Lichttreppe zum wahlweisen Wechsel zwischen der Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung kann wohl ein hoher Wirkungsgrad der Lichtquelle erreicht werden; dies stellt jedoch an die Positioniergenauigkeit der Lichttreppe extreme Anforderungen, so daß die Abbildung der Leuchtfeldblende nur direkt ins Objekt möglich ist. Größere und helle Objektfelder können mit dieser bekannten Einrichtung im Dunkelfeldauflicht nicht gleichmäßig ausgeleuchtet werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile der bekannten Anordnungen zu vermeiden und den Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungsstrahlengang derart auszubilden, daß ein unproblematischer Wechsel zwischen der Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung gewährleistet ist und große Objektfelder ohne Verlust der Gesamthelligkeit gleichmäßig im Dunkelfeld-Auflicht beleuchtet werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

In der Zeichnung ist die Erfindung in einem Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 eine Auflichtbeleuchtungseinrichtung in der Wirkstellung Dunkelfeld;

Fig. 2 ein erstes als Linsenkrantz ausgebildetes ringförmiges optisches Element aus der Blickrichtung des Ringspiegels;

Fig. 2a das ringförmige optische Element und eine Linse als einheitliches Bauelement in perspektivischer Darstellung;

Fig. 2b eine einzelne Linsenkrantzfläche des in Fig. 2 dargestellten optischen Elementes;

Fig. 3 ein zweites als Linsenkrantz ausgebildetes ringförmiges optisches Element aus der Blickrichtung des Ringspiegels;

Fig. 3a eine einzelne Linsenkrantzfläche des zweiten ringförmigen optischen Elementes;

Fig. 4 eine weitere Variante in der Ausbildung der optisch wirksamen Flächen der ringförmigen optischen Elemente.

Die Fig. 1 zeigt eine kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungseinrichtung 10 für ein Mikroskop mit einem Beleuchtungsstrahlengang 11 und einem senkrecht dazu angeordneten Beobachtungsstrahlengang 12. Der Beleuchtungsstrahlengang 11 weist, ausgehend von einer Lichtquelle 13, eine in der Aperturebene  $AP$  angeordnete regelbare Aperturblende 14, zwei von der Aperturebene  $AP$  ausgehende Dunkelfeldstrahlenbündel 15a, 15b, eine erste Sammellinse 16, eine in der Leuchtfeldblende  $LF$  angeordnete regelbare Blende 17, eine schwenkbare Stoppeinrichtung 18 und

4

ein erstes, als Linsenkrantz ausgebildetes, ringförmiges optisches Element 19 mit einer konvex gekrümmten Lichteingangsfläche 21 und konvexen Linsenkrantzflächen 20 auf. Dieses erste ringförmige optische Element 19 hat in seinem Ringinneren eine Ausnehmung 26 zur Aufnahme einer für die Hellfeldbeleuchtung wirksamen zweiten Sammellinse 22. Zur Beleuchtungsstrahlumlenkung ist ein unter  $45^\circ$  zum Beleuchtungsstrahlengang 11 angeordneter, an sich bekannter teildurchlässiger Ringspiegel 23 vorgesehen, so daß Beleuchtungsstrahlen von der Lichtquelle 13 in die Objektebene 25 umgelenkt werden und Lichtstrahlen aus der Objektebene 25 entlang des Beobachtungsstrahlenganges 12 durchgelassen werden. An seiner der Objektebene 25 zugewandten äußeren Fläche 24 ist der Ringspiegel 23 für die Umlenkung der Dunkelfeldbeleuchtungsstrahlen 15a, 15b vollverspiegelt ausgebildet. Im weiteren Verlauf des Beobachtungsstrahlenganges 12 ist ein zweites ringförmiges, als Linsenkrantz ausgebildetes optisches Element 27 mit konvexen Linsenkrantzflächen 28 und einer plan ausgebildeten Lichtaustrittsfläche 34 angeordnet. Weiterhin ist im Strahlengang 12 ein drittes ringförmiges optisches Element 29 als Ringlinse mit einer torisch-konvexen Lichteintrittsfläche 32 und einer torisch-konkaven Lichtaustrittsfläche 33 vorgesehen. Es soll bereits hier darauf hingewiesen werden, daß selbstverständlich an Stelle der Ringlinse 29 auch ein Ringspiegel Verwendung finden kann.

Von der Lichtquelle 13 wird mit einer nicht dargestellten Linsenanordnung in der Aperturebene  $AP$  ein Zwischenbild der Lichtquelle 13 erzeugt. Die erste Sammellinse 16 ist so angeordnet, daß die Leuchtfeldblende  $LF$  gleichmäßig ausgeleuchtet und ein Zwischenbild  $AP'$  der Aperturebene  $AP$  erzeugt wird. In oder in der Nähe dieser Ebene  $AP'$  ist das erste ringförmige optische Element 19 mit der zweiten Sammellinse 22 angeordnet. Zur Ausblendung des Hellfeldstrahlenbündels wird in der Wirkstellung Dunkelfeld vor dieser zweiten Sammellinse 22 die schwenkbare Stoppeinrichtung 18 in den Beleuchtungsstrahlengang 11 eingebracht. Das erste ringförmige optische Element 19 fokussiert die Dunkelfeldstrahlen 15a, 15b über den Ringspiegel 23 um die Achse des Beobachtungsstrahlenganges 12 in die Nähe des zweiten ringförmigen optischen Elements 27 zu einem Zwischenbild  $LF'$  der Leuchtfeldblende  $LF$ . Dieses zweite ringförmige optische Element 27 fokussiert das Zwischenbild der Aperturebene  $AP'$  in eine konjugierte Ebene  $AP''$ , in der die Ringlinse 29 angeordnet ist. Zur Beleuchtung des Dunkelfeldes erzeugt die Ringlinse 29 in der Objektebene 25 eine zweite zur Leuchtfeldblende 17 konjugierte Ebene  $LF''$ .

Die Fig. 1 zeigt durch den Verlauf des Dunkelfeldstrahlenbündels 15b, dessen Ausgangspunkt in der Aperturebene bzw. Leuchtfeldblende außerhalb der Papierebene liegt, daß auch windschief auf die optischen Elemente (hier: 27) treffende Beleuchtungsstrahlen zur Ausleuchtung des Dunkelfeldes in der Objektebene 25 genutzt werden.

In der Fig. 2 wird das erste als Linsenkrantz ausgebildete ringförmige optische Element 19 mit den einzelnen Linsenkrantzflächen 20 aus der Blickrichtung des Ringspiegels 23 dargestellt. In der Mitte dieses optischen Elements 19 ist die zweite Sammellinse 22 angeordnet. Eine Nase 30 ist am Rand des optischen Elements 19 zu dessen vereinfachter Ausrichtung im Beleuchtungsstrahlengang 11 vorgesehen.

Die Fig. 2a zeigt das ringförmige optische Element 19

OS 37 14 830

5

mit der im Ringinneren angeordneten Sammellinse 22 als einstückiges Bauelement 19a in perspektivischer Darstellung. Diese Ausgestaltung hat insbesondere den Vorteil, daß der Fertigungsaufwand für die Ausnehmung 26 (Fig. 1), die Verkitzung und Zentrierung der Sammellinse 22 entfällt. Die Herstellung eines solchen Bauelements 19a kann im Spritzverfahren unter Verwendung eines geeigneten Kunststoffes erfolgen. Dabei ist es in vorteilhafter Weise möglich, die Form zur Herstellung eines solchen Elementes mit einem Linsenkranz so auszugestalten, daß unter Beibehaltung des Linsenkranzes die zweite optisch wirksame Fläche variiert wird. Mit geringstmöglichem Aufwand können somit die optischen Eigenschaften eines derartigen Elementes verändert werden. In der Fig. 2a wird auch dargestellt, daß das optische Element 19a nur einseitig die Linsenkranzfläche 20 aufweist, wobei die Lichteintrittsfläche 21 des optischen Elementes 19a mit einer gekrümmten Oberfläche ausgestaltet ist. Ferner ist hier durch die Schraffur einzelner Linsenkranzflächen 20 angedeutet, daß das ringförmige optische Element 19a eine unterschiedliche optische Dichte oder eine unterschiedliche spektrale Durchlässigkeit aufweist. Somit können beispielsweise zusätzliche Farb- oder Graufilter o. ä. im Beleuchtungsstrahlengang entfallen.

In Fig. 2b ist die Ausgestaltung der Oberfläche einer einzelnen Linsenkranzfläche 20 des ringförmigen optischen Elementes 19 aus der Blickrichtung des Ringspiegels dargestellt. Durch die Schraffur wird deutlich, daß der geometrische Scheitelpunkt 35 dieser sphärischen Fläche 20 außerhalb des Flächenmittelpunktes 36 liegt.

Die Fig. 3 zeigt analog zu Fig. 2 das zweite als Linsenkranz ausgebildete ringförmige optische Element 27 mit den einzelnen plankonvexen Linsenkranzflächen 28 aus der Blickrichtung des Ringspiegels 19. Auch hier ist am Rand eine Nase 31 in gleicher Stellung zum ersten ringförmigen optischen Element 19 vorgesehen. Neben der Justage im Beobachtungsstrahlengang 12 wird somit auch eine genaue Ausrichtung der einzelnen Linsenkranzflächen 20, 28 der beiden ringförmigen optischen Elemente 19, 27 aufeinander vereinfacht.

In der Fig. 3a ist eine einzelne Linsenkranzfläche 28 des ringförmigen optischen Elementes 27 aus der Blickrichtung des Ringspiegels 23 dargestellt. Die sphärische Fläche 28 ist (im Vergleich zur Fig. 2b) derart ausgebildet, daß der geometrische Scheitelpunkt 37 mit dem Flächenmittelpunkt 38 zusammenfällt.

Die Fig. 4 zeigt eine weitere Variante in der Ausbildung der optisch wirksamen Flächen der ringförmigen Elemente 19b, 27a in perspektivischer Darstellung. Die Flächen 20a, 28a des Elementes 19b, 27a stellen in ihrer Geometrie einen Teil eines Reifens dar. Derartig ausgebildete Reifenlinsen 19b, 27a sind noch wirtschaftlicher herstellbar, weisen jedoch in ihrer Verwendung im Strahlengang 11, 12 und der Anordnung in der Ebene AP' 19b bzw. LF' 27a der Fig. 1 den Nachteil auf, daß windschief auftreffende Beleuchtungsstrahlen zumindest teilweise für die Ausleuchtung des Dunkelfeldes verloren gehen.

Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung ist bei vergleichsweise gleichgroßem Objektfeld eine höhere Beleuchtungsapertur abbildbar bzw. kann bei gleicher Apertur ein größeres Objektfeld ausgeleuchtet werden. Ferner ist bei der Verwendung einer nach Unendlich abbildenden Optik ein größerer Abstand Ringspiegel — Objektfeld möglich, wobei Raum für zusätzliche mikroskopische Einrichtungen geschaffen wird. Durch die spezielle Ausbildung und Anordnung der ringförmigen

6

optischen Elemente werden auch windschief von der Leuchtfeldblende ausgehende Dunkelfeldbeleuchtungsstrahlen in die Objektebene abgebildet.

#### Bezugszeichenliste

- 10 kombinierte Hellfeld-Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungseinrichtung
- 11 Beleuchtungsstrahlengang
- 12 Beobachtungsstrahlengang
- 13 Lichtquelle
- 14 Aperturblende
- 15a Dunkelfeldstrahlenbündel
- 15b Dunkelfeldstrahlenbündel
- 16 erste Sammellinse
- 17 Leuchtfeldblende
- 18 Stoppeinrichtung
- 19 erstes ringförmiges optisches Element
- 19a einstückiges Bauelement aus (19) und (22)
- 19b Reifenlinse
- 20 konvexe Linsenkranzabschnitte
- 20a optisch wirksame Flächen von (19b)
- 21 Lichteintrittsfläche von (19)
- 22 zweite Sammellinse
- 23 Ringspiegel
- 24 außenliegende Fläche von (23)
- 25 Objektebene
- 25a Objekt
- 26 Ausnehmung an (19)
- 27 zweites ringförmiges optisches Element
- 27a Reifenlinse
- 28 konvexe Linsenkranzabschnitte
- 28a optisch wirksame Flächen von (27a)
- 29 drittes ringförmiges optisches Element (Ringlinse)
- 30 Nase an (19)
- 31 Nase an (27)
- 32 torisch-konvexe Lichteintrittsfläche an (29)
- 33 torisch-konkave Lichtaustrittsfläche an (29)
- 34 plane Lichtaustrittsfläche an (27)
- 35 geometrischer Scheitelpunkt von (20)
- 36 Flächenmittelpunkt von (20)
- 37 geometrischer Scheitelpunkt von (28)
- 38 Flächenmittelpunkt von (28)
- AP Aperturebene
- AP' erstes Zwischenbild der Aperturebene
- AP'' zweites Zwischenbild der Aperturebene
- LF Leuchtfeldblende
- LF' erstes Zwischenbild der Leuchtfeldblende
- LF'' zweites Zwischenbild der Leuchtfeldblende

- Leerseite -

14.

Post Leitz 808 846/229  
G.M.H.